

Image



Docket No.: P9219.0003
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Toshiyuki Oohashi, et al.

Application No.: 10/689,041

Filed: October 21, 2003

Art Unit: Not Yet Assigned

For: MAGNETIC SENSOR, PRODUCTION
PROCESS OF THE MAGNETIC SENSOR
AND MAGNETIC ARRAY SUITABLE FOR
THE PRODUCTION PROCESS

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following
prior foreign applications filed in the following foreign countries on the dates indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2002-308376	October 23, 2002
Japan	2003-359790	October 20, 2003

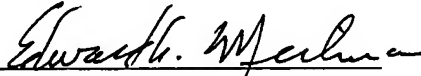
Application No.: 10/689,041

Docket No.: P9219.0003

In support of this claim, a certified copy of each said original foreign application is filed herewith.

Dated: November 19, 2003

Respectfully submitted,

By 

Edward A. Meilman

Registration No.: 24,735

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &
OSHINSKY LLP

1177 Avenue of the Americas

41st Floor

New York, New York 10036-2714

(212) 835-1400

Attorney for Applicant

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 2 3 日
Date of Application:

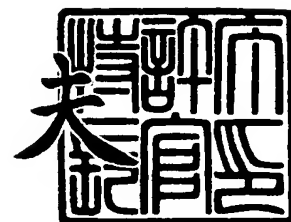
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 0 8 3 7 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 0 8 3 7 6]

出 願 人 ヤマハ株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 0 8 3 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA02-129

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 43/12

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内

 【氏名】 大橋 俊幸

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内

 【氏名】 涌井 幸夫

【特許出願人】

 【識別番号】 000004075

 【氏名又は名称】 ヤマハ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088971

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

 【識別番号】 100115185

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 加藤 慎治

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 075994

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気センサ、同磁気センサの製造方法、及び同製造方法に適したマグネットアレイ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ピンド層とフリー層とを含む磁気抵抗効果素子を含んでなる磁気センサであって、前記フリー層の両端に配設されるとともに同フリー層に所定の向きのバイアス磁界を発生させる永久磁石からなるバイアス磁石膜と、前記フリー層に近接して設けられ所定条件下での通電により前記バイアス磁界と同一の向きの磁界を同フリー層に加える初期化用コイルとを備えた磁気センサ。

【請求項 2】

ピンド層とフリー層と同フリー層に対しバイアス磁界を付与する永久磁石からなるバイアス磁石膜とを基板上に有し同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、

複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備する工程と、

前記ピンド層となる膜と前記フリー層となる膜と前記バイアス磁石膜となる膜とを含む島状の素子膜を複数個だけ前記基板上に点在させてなるウエハを製造する工程と、

前記ウエハと前記マグネットアレイとが所定の相対的位置関係を有するように同ウエハを同マグネットアレイに近接配置し、同マグネットアレイの磁極のうちの一の磁極と同磁極と最短距離を隔てて隣接する同マグネットアレイの磁極のうちの他の磁極との間に形成される磁界を利用して前記複数の素子膜の前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う工程とを含む磁気センサの製造方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の磁気センサの製造方法において、

前記ウエハを製造する工程は、前記複数の素子膜の各フリー層となる膜を長軸

と短軸とを備えた形状となるように形成するとともに、少なくとも同複数の素子層のフリー層となる膜の一つの長軸と他のフリー層となる膜の長軸とが直交するように同複数の素子膜の各フリー層となる膜を形成し、且つ、前記バイアス磁石膜となる膜を同各フリー層となる膜の長軸方向の両端部に形成する工程を含み、

前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う工程における前記所定の相対位置関係は、前記マグネットアレイにより形成される磁界により、同バイアス磁石膜となる膜の磁化の向きを同バイアス磁石膜が両端に形成された前記フリー層となる膜の長軸方向に一致させる前記ウエハと同マグネットアレイとの相対位置関係である関係である磁気センサの製造方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の磁気センサの製造方法であって、更に、

前記ウエハと前記マグネットアレイとが前記所定の相対的位置関係とは異なる相対位置関係を有するように同ウエハを同マグネットアレイに近接配置し、同マグネットアレイにより形成される前記磁界を利用して前記複数の素子膜の前記ピンド層となる膜の磁化の向きをピンする工程を含む磁気センサの製造方法。

【請求項 5】

略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形である複数の永久磁石を、同略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配設するとともに、同配設された各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の永久磁石の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ピンド層とフリー層とを含んでなる磁気抵抗効果素子を用いた磁気センサ、同磁気センサの製造方法、及び同製造方法に適したマグネットアレイに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、磁化の向きが所定の向きにピン（固定）されたピンド層と、磁化の向きが外部磁界に応じて変化するフリー層とを備え、ピンド層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きの相対関係に応じた抵抗値を呈する巨大磁気抵抗素子（GMR素子）等の磁気抵抗効果素子が磁気センサに應用されている。このような磁気センサにあっては、微小な外部磁界を精度良く検出するために、同外部磁界が同磁気センサに加わっていない場合のフリー層の各磁区の磁化の向きを所定の向き（以下、この所定の向きを「初期状態の向き」とも称呼する。）に安定的に維持する必要がある。

【0003】

そこで、一般には、薄膜のフリー層の平面視での形状を長方形とするとともに、同長方形の長辺（長軸）を前記初期状態の向きに一致させることにより、磁化の向きが長手方向に揃う形状異方性を利用して同フリー層の各磁区の磁化の向きを同初期状態の向きに一致させるようにしている。また、外部磁界が消滅したときにフリー層の各磁区の磁化の向きが長期安定的に前記初期状態の向きに復帰するように、フリー層の長手方向の両端部に永久磁石膜であるバイアス磁石膜を配し、同バイアス磁石膜によって同初期状態の向きの磁界を同フリー層に加えるようになっている。

【0004】

このような、フリー層とバイアス磁石膜の磁化の様子を、同フリー層と同バイアス磁石膜の平面図である図17を参照しながら説明する。図17において、フリー層100はX軸方向に長手方向を有するように形成されていて、同長手方向の両端に一对のバイアス磁石膜101、102が配設されている。

【0005】

これらの膜を形成した段階においては、図17（A）の矢印にて示したように、フリー層100及びバイアス磁石膜101、102の各磁区の磁化の向きはフリー層の長手方向の向きである初期状態の向きに揃っていない。フリー層100及びバイアス磁石膜101、102がこのような状態にある磁気センサに対し、フリー層の長手方向と直交する方向（Y軸方向）において大きさが変化する外部磁界を印加して同磁気センサの抵抗値を調べると、図18（A）に示したように

、ヒステリシスが発生する。このことから明らかなように、フリー層 100 及びバイアス磁石膜 101、102 の磁化の向きが同フリー層の長手方向に揃っていない磁気センサにおいては、外部磁界が「0」近傍であるときの抵抗値が図 18 (A) に矢印にて示した範囲内で変動することになり、その結果、同磁気センサは微小磁界を精度良く検出することができない。

【0006】

次に、フリー層 100 及びバイアス磁石膜 101、102 が図 17 (A) に示した状態にある磁気センサに対してフリー層 100 の長手方向 (X 軸正方向) にバイアス磁石膜 101、102 の保持力 H_c よりも大きさが大きい磁界を印加し、フリー層 100 の初期化とバイアス磁石膜 101、102 の着磁とを行うと、図 17 (B) に示したように、同フリー層 100 及び同バイアス磁石膜 101、102 の各磁区の磁化の向きは初期状態の向きに一致する。

【0007】

このような状態にある磁気センサに対して Y 軸方向においてバイアス磁石膜 101、102 の保持力よりも小さい範囲内で大きさが変化する外部磁界を印加すると、フリー層 100 の各磁区の磁化の向きは図 17 (C) に示したように変化し、その後、同外部磁界を消滅させると同フリー層 100 の各磁区の磁化の向きは図 17 (B) と同じように図 17 (D) に示した初期状態の向きに復帰する。この場合、磁気センサの抵抗値を調べると、図 18 (B) に示したように、ヒステリシスが低減して外部磁界が「0」近傍であるときの同抵抗値が略一定となる。従って、フリー層 100 の初期化、及びバイアス磁石膜 101、102 の着磁を行った磁気センサは、微小磁界を精度良く検出可能となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、かかる磁気センサ (フリー層 100 の初期化、及びバイアス磁石膜 101、102 の着磁を行った磁気センサ) にバイアス磁石膜 101、102 の保持力よりは小さいが比較的大きい大きさを有し、且つ初期状態の向きとは反対の向き (X 軸負方向) に主成分を有する外部磁界が印加されると、フリー層の各磁区の磁化は図 19 (A) に示した状態から図 19 (B) に示した状態へと

変化し、その後、同外部磁界を消滅させても、図19(C)に示したように、同フリー層100の各磁区の磁化の向きが初期状態の向きへ一致(復帰)しなくなる。この結果、磁気センサは再び外部磁界の変化に対してヒステリシスを有するようになり、磁界の検出精度が悪化してしまうという問題がある。

【0009】

従って、本発明の目的の一つは、大きな外部磁界が加わった後においても、検出精度を良好に維持することが可能な磁気センサを提供することにある。また、本発明の他の目的は、上記バイアス磁石膜の着磁を効率的に行うことができる磁気センサ、同磁気センサの製造方法、及び同製造方法に適したマグネットアレイを提供することにある。

【0010】

【本発明の概要】

本発明の特徴は、ピンド層とフリー層とを含む磁気抵抗効果素子を含んでなる磁気センサが、前記フリー層の両端に配設されるとともに同フリー層に所定の向きのバイアス磁界を発生させる永久磁石からなるバイアス磁石膜と、前記フリー層に近接して設けられ所定条件下での通電により前記バイアス磁界と同一方向の磁界を同フリー層に加える初期化用コイルとを備えたことにある。

【0011】

これによれば、初期化用コイルは所定条件下にて通電され、フリー層の各磁区の磁化の向きをバイアス磁石膜によるバイアス磁界と同一の向きに戻すための初期化用磁界を発生させるので、強い磁界が磁気センサに加わる等の何らかの理由によりフリー層の各磁区の磁化の向きが乱された場合であっても、これを修正することができ、その結果、磁界に対する抵抗値変化にヒステリシスを有さず、長期に渡り微小磁界をも精度良く検出することが可能な磁気センサが提供され得る。

【0012】

本発明の他の特徴は、ピンド層とフリー層と同フリー層に対しバイアス磁界を付与する永久磁石からなるバイアス磁石膜とを基板上に有し同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵

抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法が、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備する工程と、前記ピンド層となる膜と前記フリー層となる膜と前記バイアス磁石膜となる膜とを含む島状の素子膜を複数個だけ前記基板上に点在させてなるウエハを製造する工程と、前記ウエハと前記マグネットアレイとが所定の相対的位置関係を有するように同ウエハを同マグネットアレイに近接配置し、同マグネットアレイの磁極のうちの一の磁極と同磁極と最短距離を隔てて隣接する同マグネットアレイの磁極のうちの他の磁極との間に形成される磁界を利用して前記複数の素子膜の前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う工程とを含んだことにある。

【0013】

上記マグネットアレイは、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設し、各永久磁石の磁極の極性が平面視において（同一平面内で）最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成されている。従って、マグネットアレイの上方において、同マグネットアレイの平面視で、一つのN極から同N極の右側に存在するS極へ右方向の磁界、同N極から同N極の上側に存在するS極へ上方向の磁界、同N極から同N極の左側に存在するS極へ左方向の磁界、及び同N極から同N極の下側に存在するS極へ下方向の磁界が形成される（図13を参照）。同様に、あるS極に対しては、このS極の右側に存在するN極から左方向の磁界、このS極の上側に存在するN極から下方向の磁界、このS極の左側に存在するN極から右方向の磁界、及びこのS極の下側に存在するN極から上方向の磁界が形成される。

【0014】

上記方法は、このような磁界を形成するマグネットアレイに対し、前記ピンド層となる膜と前記フリー層となる膜と前記バイアス磁石膜となる膜とを含む島状の素子膜を複数個だけ前記基板上に点在させてなるウエハを所定の相対的位置関係をもって近接配置し、同マグネットアレイにより形成される上述した磁界を利用して前記複数の素子膜の前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う。従って、単一基板上でバイアス磁石膜の着磁方向が互いに交差（この場合は、直交）して

なる磁気センサを効率的に製造することができる。

【0015】

より具体的には、前記ウエハを製造する工程は、前記複数の素子膜の各フリー層となる膜を長軸と短軸とを備えた形状となるように形成するとともに、少なくとも同複数の素子層のフリー層となる膜の一つの長軸と他のフリー層となる膜の長軸とが直交するように同複数の素子膜の各フリー層となる膜を形成し、且つ、前記バイアス磁石膜となる膜を同各フリー層となる膜の長軸方向の両端部に形成する工程を含み、前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う工程における前記所定の相対位置関係は、前記マグネットアレイにより形成される磁界により、同バイアス磁石膜となる膜の磁化の向きを同バイアス磁石膜が両端に形成された前記フリー層となる膜の長軸方向に一致させる前記ウエハと同マグネットアレイとの相対位置関係である関係である。

【0016】

また、この場合において、前記ウエハと前記マグネットアレイとが前記所定の相対的位置関係とは異なる相対位置関係を有するように同ウエハを同マグネットアレイに近接配置し、同マグネットアレイにより形成される前記磁界を利用して前記複数の素子膜の前記ピンド層となる膜の磁化の向きをピンする工程を含むことが好適である。

【0017】

これによれば、バイアス磁石膜となる膜の着磁に使用するマグネットアレイをピンド層の磁化の向きを固定する際にも使用できるので、単一基板上でピンド層の磁化の向きが互いに交差（この場合は、直交）してなる磁気センサ（直交する向きの磁界をそれぞれ検出することができる2軸磁気センサ）を効率的且つ安価に製造することができる。

【0018】

また、本発明によれば、略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形である複数の永久磁石を、同略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配設するとともに、同配設された各永久磁石の磁極の極性（同端面に現れる磁極の極性）が最短距離を隔てて隣接する

他の永久磁石の磁極の極性（同端面に現れる磁極の極性）と異なるように構成したマグネットアレイが提供される。

【0019】

上述したように、かかるマグネットアレイを用いれば、例えば、上記2軸磁気センサの各バイアス磁石膜となる膜の着磁、及び／又は各ピンド層となる層の磁化の向きの固定を効率的に行うことができるので、同2軸磁気センサを安価に製造することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による磁気センサの実施形態について図面を参照しながら説明する。この磁気センサは、後述する製造方法によってNタイプとSタイプとに別れる。図1は、Nタイプの磁気センサ10とSタイプの磁気センサ50とを並べたものの平面図である。Nタイプの磁気センサ10とSタイプの磁気センサ50は、図1に黒塗りの矢印にて示したピンド層の固定された磁化の向き、及び図1に白抜きの矢印にて示したフリー層の初期状態の磁化の向き等が互いに異なる点を除き実質的に同一の形状・構成を有している。従って、以下、Nタイプの磁気センサ10を主として説明する。

【0021】

磁気センサ10は、図1に示したように、平面視で互いに直交するX軸、及びY軸に沿った辺を有する長形状（略正形状）であって、X軸、及びY軸に直交するZ軸方向に小さな厚みを有する石英ガラスからなる単一のチップ（単一基板）10aと、図3に示した基板10aの上に積層された複数の絶縁層10b（この絶縁層の中には配線層が含まれる。）と、同絶縁層10bの最上層10b1の上に形成された合計で8個のGMR素子11～14，21～24と、合計で8個の初期化用コイル31～34，41～44とを含んで構成されている。

【0022】

第1X軸GMR素子11は、チップ10aのY軸方向略中央部下方でX軸負方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはX軸負方向となっている。第2X軸GMR素子12は

、チップ10aのY軸方向略中央部上方でX軸負方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはX軸負方向となっている。第3 X軸GMR素子13は、チップ10aのY軸方向略中央部上方でX軸正方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはX軸正方向となっている。第4 X軸GMR素子14は、チップ10aのY軸方向略中央部下方でX軸正方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはX軸正方向となっている。

【0023】

第1 Y軸GMR素子21は、チップ10aのX軸方向略中央部左方でY軸正方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはY軸正方向となっている。第2 Y軸GMR素子22は、チップ10aのX軸方向略中央部右方でY軸正方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはY軸正方向となっている。第3 Y軸GMR素子23は、チップ10aのX軸方向略中央部右方でY軸負方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはY軸負方向となっている。第4 X軸GMR素子24は、チップ10aのX軸方向略中央部左方でY軸負方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはY軸負方向となっている。

【0024】

各GMR素子11～14, 21～24は、チップ10aにおける配置が異なる点を除き、互いに実質的に同一の構造を備えている。従って、以下、第1 X軸GMR素子11を代表例として、その構造について説明する。

【0025】

第1 X軸GMR素子11は、平面図である図2、及び、図2の1-1線に沿った平面にて第1 X軸GMR素子11を切断した概略断面図である図3に示したように、スピバルブ膜SVからなりY軸方向に長手方向を有する複数の幅狭帯状部11a…11aと、各幅狭帯状部11aの長手方向（Y軸方向）両端部の下方

に形成された CoCrPt 等の硬質強磁性体であって、高保磁力、高角型比を有する材質からなるバイアス磁石膜（硬質強磁性体薄膜層であって着磁により永久磁石膜となる膜）11b...11bとを備えている。各幅狭带状部11a...11aは、各バイアス磁石膜11b...11bの上面にてX軸方向に伸びて隣接する幅狭带状部11aと接合して所謂「つづら折れ状」に形成されるとともに、同各バイアス磁石膜11b...11bの上面において同各バイアス磁石膜11b...11bと磁氣的に結合している。

【0026】

第1 X軸GMR素子11のスピバルブ膜SVは、図4に膜構成を示したように、基板であるチップ10aの上に順に積層されたフリー層（自由層）F、膜厚が2.4 nm (24 Å) のCuからなる導電性のスペーサ層S、固着層（ピン層）P、及び膜厚が2.5 nm (25 Å) のチタン (Ti) 又はタンタル (Ta) からなるキャッピング層Cからなっている。

【0027】

フリー層Fは、外部磁界の向きに応じて磁化の向きが変化する層であり、基板10aの直上に形成された膜厚が8 nm (80 Å) の CoZrNb アモルファス磁性層11-1と、 CoZrNb アモルファス磁性層11-1の上に形成された膜厚が3.3 nm (33 Å) の NiFe 磁性層11-2と、 NiFe 磁性層11-2の上に形成された1~3 nm (10~30 Å) 程度の膜厚の CoFe 層11-3とからなっている。 CoZrNb アモルファス磁性層11-1と NiFe 磁性層11-2は軟質強磁性体薄膜層を構成している。 CoFe 層11-3は NiFe 層11-2のNi、及びスペーサ層SのCu11-4の拡散を防止するものである。

【0028】

固着層（ピン層）Pは、膜厚が2.2 nm (22 Å) の CoFe 磁性層11-5と、Ptを45~55 mol % 含むPtMn合金から形成した膜厚が24 nm (240 Å) の反強磁性膜11-6とを重ね合わせたものである。 CoFe 磁性層11-5は、着磁（磁化）された反強磁性膜11-6に交換結合的に裏打されることにより磁化（磁化ベクトル）の向きがX軸負方向にピン（固着）されるピ

ンド層を構成している。

【0029】

バイアス磁石膜 11b…11b は、フリー層 F の一軸異方性を維持するため、同フリー層 F に対して同フリー層 F の長手方向である Y 軸負方向（図 1 及び図 2 の白抜き矢印にて示した方向）にバイアス磁界を与えている。

【0030】

このように構成された第 1 X 軸 GMR 素子 11 は、図 5 の実線にて示したように、X 軸に沿って変化する外部磁界に対し、 $-H_c \sim +H_c$ の範囲において、同外部磁界に略比例して変化する抵抗値を呈し、図 5 の破線にて示したように、Y 軸に沿って変化する外部磁界に対しては略一定の抵抗値を呈する。

【0031】

次に初期化用コイル 31～34，41～44 について説明する。初期化用コイル 31～34，41～44 は、図 1 及び図 3 に示したように、GMR 素子 11～14，21～24 のそれぞれの略直下において絶縁層の最上層 10b1 を介して下層の絶縁層 10b2 内に埋設されている。初期化用コイル 31～34，41～44 は、互いに同一形状を有するとともに、各対応する直上の GMR 素子との相対位置関係も互いに同一であり、図 1 に白抜きの矢印に示した方向の初期化用磁界を各対応する GMR 素子に加えるようになっている。

【0032】

以下、初期化用コイル 31 を代表例として説明すると、この初期化用コイル 31 は、平面視における外形が略長方形となるように巻回され、同平面視で第 1 X 軸 GMR 素子 11 の直下において同第 1 X 軸 GMR 素子 11 の幅狭帯状部 11a の長手方向と直交する方向（X 軸方向）に直線的に延びる複数の初期化用磁界発生部 31a…31a を有している。また、初期化用コイルの一の端部 31b 及び他の端部 31c は、定電圧源の正極及び負極とそれぞれ接続されていて、初期化用コイル 31 には所定の条件が成立したときに所定の電流が通電され、図 1 に白抜きの矢印で示したように、第 1 X 軸 GMR 素子 11 の幅狭帯状部 11a に対し Y 軸負方向の初期化用磁界を印加するようになっている。

【0033】

次に、上記 GMR 素子 11～14 及び GMR 素子 21～24 によりそれぞれ構成される X 軸磁気センサ（X 軸方向を磁界検出方向とする磁気センサ）及び Y 軸磁気センサ（Y 軸方向を磁界検出方向とする磁気センサ）について説明すると、X 軸磁気センサは、図 6（A）に等価回路を示したように、第 1～第 4 X 軸 GMR 素子 11～14 が図 1 に図示しない導線を介してフルブリッジ接続されることにより構成されている。なお、図 6（A）において、第 1～第 4 X 軸 GMR 素子 11～14 の各々に隣接した位置に示されたグラフは、各グラフに隣接した GMR 素子の特性（外部磁界に対する抵抗値 R の変化）を示している。この点は、図 7～図 9 について同様である。これらのグラフ中の H_x 、 H_y は、それぞれ X 軸、Y 軸にそって大きさが変化する外部磁界を示している。

【0034】

このような構成において、第 1 X 軸 GMR 素子 11 と第 4 X 軸 GMR 素子 14 の接続点、及び第 2 X 軸 GMR 素子 12 と第 3 X 軸 GMR 素子 13 の接続点が、それぞれ図示しない定電圧源の正極、及び負極（グランド）に接続され、電位 $+V$ （本例では 5（V））、及び電位 $-V$ （本例では 0（V））がそれぞれ付与される。そして、第 1 X 軸 GMR 素子 11 と第 3 X 軸 GMR 素子 13 の接続点と、第 4 X 軸 GMR 素子 14 と第 2 X 軸 GMR 素子 12 の接続点の電位差 V_{ox} がセンサ出力として取り出される。この結果、X 軸磁気センサは、図 6（B）に示したように、X 軸に沿って変化する外部磁界 H_x に略比例して変化する出力電圧 V_{ox} を示すようになっている。

【0035】

Y 軸磁気センサは、図 7（A）に等価回路を示したように、第 1～第 4 Y 軸 GMR 素子 21～24 が図 1 に図示しない導線を介してフルブリッジ接続されることにより構成されている。そして、第 1 Y 軸 GMR 素子 21 と第 4 Y 軸 GMR 素子 24 の接続点、及び第 2 Y 軸 GMR 素子 22 と第 3 Y 軸 GMR 素子 23 の接続点が、それぞれ図示しない定電圧源の正極、及び負極（グランド）に接続され、電位 $+V$ （本例では 5（V））、及び電位 $-V$ （本例では 0（V））がそれぞれ付与される。また、第 1 Y 軸 GMR 素子 21 と第 3 Y 軸 GMR 素子 23 の接続点と、第 4 Y 軸 GMR 素子 24 と第 2 Y 軸 GMR 素子 22 の接続点の電位差 V_{oy} がセンサ

出力として取り出される。この結果、Y軸磁気センサは、図7（B）に示したように、Y軸に沿って変化する外部磁界 H_y に略比例して変化する出力電圧 V_{oy} を示すようになっている。以上が、Nタイプの磁気センサ10の構成である。

【0036】

一方、Sタイプの磁気センサ50は、図1に示したように、GMR素子51～54、61～64と、初期化用コイル71～74、81～84とを含んでいて、磁気センサ10と同様な構成を有し、X軸磁気センサ及びY軸磁気センサを備えている。

【0037】

即ち、磁気センサ50のX軸磁気センサは、図8（A）の等価回路図に示したように、第1～第4 X軸GMR素子51～54が図1に図示しない導線を介してフルブリッジ接続されることにより構成されている。このような構成において、第1 X軸GMR素子51と第4 X軸GMR素子54の接続点、及び第2 X軸GMR素子52と第3 X軸GMR素子53の接続点が、それぞれ図示しない定電圧源の正極、及び負極（グランド）に接続され、電位+V（本例では5（V））、及び電位-V（本例では0（V））がそれぞれ付与される。そして、第1 X軸GMR素子51と第3 X軸GMR素子53の接続点と第4 X軸GMR素子54と第2 X軸GMR素子52の接続点の間の電位差 V_{ox} がセンサ出力として取り出される。この結果、X軸磁気センサは、図8（B）に示したように、X軸に沿って変化する外部磁界 H_x に略比例して変化する出力電圧 V_{ox} を示すようになっている。

【0038】

また、磁気センサ50のY軸磁気センサは、図9（A）に等価回路を示したように、第1～第4 Y軸GMR素子61～64が図1に図示しない導線を介してフルブリッジ接続されることにより構成されている。そして、第1 Y軸GMR素子61と第4 Y軸GMR 64との接続点、及び第2 Y軸GMR素子62と第3 Y軸GMR素子63との接続点が、それぞれ図示しない定電圧源の正極、及び負極（グランド）に接続され、電位+V（本例では5（V））、及び電位-V（本例では0（V））がそれぞれ付与される。また、第4 Y軸GMR素子64と第2 Y軸GMR素子62の接続点と、第1 Y軸GMR素子61と第3 Y軸GMR素子63と

の接続点の間の電位差 V_{oy} がセンサ出力として取り出される。この結果、Y 軸磁気センサは、図 9 (B) に示したように、Y 軸に沿って変化する外部磁界 H_y に略比例して変化する出力電圧 V_{oy} を示すようになっている。

【0039】

次に、上記のように構成される磁気センサ 10, 50 の製造方法について説明する。まず、平面図である図 10 に示したように、後に基板 10a, 50a となる長方形の石英ガラス 10a1 の上に、各絶縁層 10b を所定の配線又は LSI の形成とともに積層し、初期化用コイル 31~34, 41~44, 71~74, 81~84 を絶縁層 10b2 内に形成した後に最上層である絶縁層 10b1 を形成する（図 1~図 3 を参照。）。

【0040】

次いで、上記 GMR 素子 11~14, 21~24, 51~54, 61~64 を構成する膜 M を島状に複数形成する。この成膜は、超高真空装置を用いて精密な厚さに連続積層で行われる。これらの膜 M は、石英ガラス 10a1 が後の切断工程により図 10 の破線に沿って切断されて図 1 に示した個々の磁気センサ 10, 50 に分割されたとき、同図 1 に示した GMR 素子 11~14, 21~24, 51~54, 61~64 の各位置に配置されるように形成される。

【0041】

次に、平面図である図 11 に示したように、正方形の貫通孔が正方格子状に複数個だけ設けられた（即ち、X 軸及び Y 軸に平行な辺を有する正方形の貫通孔が、同 X 軸及び同 Y 軸にそって互いに等距離を隔てて設けられた）長方形の金属プレート 91 を準備し、同金属プレート 91 の各貫通孔に同貫通孔と略同一の正方形断面を有する直方体形状の永久棒磁石 92...92 を、同永久棒磁石 92...92 の磁極が形成される端面が同金属プレート 91 と平行になるように、挿入する。このとき、永久棒磁石 92...92 の各端面を含む平面において、最短距離で隣接する磁極の極性が異なるように同永久棒磁石 92...92 を配置する。なお、永久棒磁石 92...92 の各磁荷の大きさは全て略等しいものを使用する。

【0042】

次に、X-Z 平面に沿った断面を示した図 12 に示したように、厚さが約 0.

5 mmであって前記金属プレート 9 1 と略同一形状の長方形を有する透明な石英ガラスからなるプレート 9 3 を準備し、永久棒磁石 9 2 … 9 2 の上面（前記磁極が形成された端面と反対側の面）とプレート 9 3 の下面を接着剤により接着し、金属プレート 9 1 を下方から取り去る。この段階で、永久棒磁石 9 2 … 9 2 とプレート 9 3 とにより、略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形である複数の永久磁石を、同略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配設するとともに、同配設された各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の永久磁石の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイ MA が形成される。

【0043】

図 1 3 は、上記永久棒磁石 9 2 … 9 2 を四個だけ取り出した状態を示す斜視図である。この図から明らかなように、永久棒磁石 9 2 … 9 2 の端面（前記磁極が形成された端面）では、一つの N 極から同 N 極に最短距離で隣接する S 極に向かう 90° ずつ方向が異なる磁界が形成されている。本実施形態においては、この磁界を GMR 素子 1 1 ~ 1 4, 2 1 ~ 2 4, 5 1 ~ 5 4, 6 1 ~ 6 4 の各バイアス磁石膜 1 1 b ~ 1 4 b, 2 1 b ~ 2 4 b, 5 1 b ~ 5 4 b, 6 1 b ~ 6 4 b の着磁のための磁界、及び各固着層 P（固着層 P のピンド層）の磁化の向きを固定する際の磁界として使用する。

【0044】

即ち、先ず、図 1 4 に示したように、GMR 素子となる膜 M が形成された石英ガラス 1 0 a 1 を、同 GMR 素子となる膜 M が形成された面がプレート 9 3 の上面と接するように配置し、プレート 9 3 と石英ガラス 1 0 a 1 とをクランプ C により互いに固定する。このとき、後に磁気センサ 1 0, 5 0 となる部分を同磁気センサ 1 0, 5 0 の各 2 個分だけに着目して拡大した平面図である図 1 5 に示したように、同磁気センサ 1 0, 5 0 の各辺となる石英ガラス 1 0 a 1 の切断線 C L の各交点 C P が永久棒磁石 9 2 … 9 2 の夫々の重心と一致するように、同石英ガラス 1 0 a 1 とマグネットアレイ MA を相対的に配置する。従って、図 1 5 に矢印にて示したように、プレート 9 3 の上面に石英ガラス 1 0 a 1 が載置された状態においては、GMR 素子となる各膜 M に、同各膜 M の幅狭带状部の長手方向

の磁界が加わる。

【0045】

本実施形態においては、かかる磁界を利用してバイアス磁石膜 11b～14b, 21b～24b, 51b～54b, 61b～64b の着磁を行うとともに、フリー層 F の各磁区の磁化の向きを初期状態における向きに一致させる。即ち、フリー層 F の各磁区の磁化を初期化する。

【0046】

次に、GMR 素子となる膜 M が形成された石英ガラス 10a1 とマグネットアレイ MA (プレート 93) の相対位置関係を図 16 の平面図に示したように変更し、同 GMR 素子となる膜 M が形成された面がプレート 93 の上面と接するように配置する。このとき、磁気センサ 10, 50 の各辺となる石英ガラス 10a1 の切断線 CL の各交点 CP が互いに隣接する 4 つの永久棒磁石 92…92 の重心の夫々と一致するように、同石英ガラス 10a1 とマグネットアレイ MA を相対的に配置する。従って、図 16 に矢印にて示したように、プレート 93 の上面に石英ガラス 10a1 が載置された状態においては、GMR 素子となる各膜 M に同各膜 M の幅狭帯状部の長手方向と直交する向きの磁界が加わる。

【0047】

本実施形態においては、かかる磁界を利用して固着層 P (固着層 P のピンド層) の磁化の向きを固定する熱処理を行う。即ち、図 16 に示した状態で、プレート 93 と石英ガラス 10a1 とをクランプ C により互いに固定し、真空中でこれらを 250℃～280℃に過熱し、その状態で 4 時間ほど放置する。

【0048】

その後、石英ガラス 10a1 を取り出し、各膜 M を接続する配線等を形成し、最後に図 10 に示した破線に沿って石英ガラス 10a1 を切断する。以上により、図 1 に示した磁気センサ 10, 50 が一時に多数個製造される。

【0049】

以上、説明したように、本発明による磁気センサの実施形態は、フリー層 F の長手方向の両端に配設されるとともに同フリー層に所定の向き (同フリー層の長手方向) のバイアス磁界を発生させる永久磁石からなるバイアス磁石膜 11b…

11bを備えているので、外部磁界が存在しない状態におけるフリー層の各磁区の磁化の向きを安定して所定の向きに維持することができる。

【0050】

また、初期化用コイル31～34、41～44が所定条件下にて通電され、フリー層の各磁区の磁化の向きをバイアス磁石膜によるバイアス磁界の向きと同一の向き（即ち、フリー層の長手方向）に戻すための初期化用磁界を発生するので、強い磁界がフリー層に加わることにより同フリー層の各磁区の磁化の向きが乱された場合であっても、同磁化の向きを確実に初期状態へと戻すことができる。この結果、磁気センサ10、50は、外部磁界の変化に対して同外部磁界が「0」近傍であるときに発生するヒステリシスを小さく維持できるので、微小磁界を長期に渡り精度良く検出することができる。

【0051】

更に、本発明の磁気センサの製造方法の実施形態によれば、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイMAが準備され、このマグネットアレイMAが形成する磁界によりフリー層の各磁区の磁化の向きの初期化及びバイアス磁石膜の着磁と、ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンさせるピニングとが行われる。従って、磁界検出方向が異なる（互いに直交する）複数のGMR素子を単一チップ上に効率的かつ容易に形成することができ、少なくとも互いに直交する方向で大きさが変化する磁界の各々を検出し得る単一チップからなる磁気センサを安価に製造することができる。

【0052】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、図20に第1X軸GMR素子201を代表例として示したように、幅狭带状部201aは、その両端部下方に配設されたバイアス磁石膜11b…11bの上部にて分離していてもよい。また、初期化用コイル202は、中心点P1及び中心点P2をそれぞれ有するスパイラルコイル202-1及び202-2が接続されてなるダブルスパイラル型のコイルであってもよい。この場合、第1XGMR素子201は中心点P1及びP2

の間に配置され、この結果、同第 1 X GMR 素子 2 0 1 の下方を通過する初期化用コイル 2 0 2 の各導線部には互いに並行で同一方向（各幅狭帯状部 2 0 1 a の長手方向と直交する向き）に電流が流れ、前記初期化用の磁界を発生する。また、初期化用コイルは多層コイルであってもよく、トロイダルコイルであってもよい。更に、初期化用コイルの発生する初期化用磁界とは直交する方向に各 GMR 素子の機能を検査するための検査用磁界を発生する検査用コイルが、同初期化用コイルの上方又は下方（Z 軸方向）の前記絶縁層内に併設されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の磁気センサの実施形態の平面図である。

【図 2】 図 1 に示した第 1 X 軸 GMR 素子の概略拡大平面図である。

【図 3】 図 2 に示した第 1 X 軸 GMR 素子を同図 2 の 1 - 1 線に沿った平面にて切断した概略断面図である。

【図 4】 図 2 に示した第 1 X 軸 GMR 素子のスピバルブ膜構成を示す図である。

【図 5】 図 1 に示した第 1 X 軸 GMR 素子の X 軸方向にて変化する磁界に対する抵抗値の変化を実線で示し、Y 軸方向にて変化する磁界に対する抵抗値の変化を破線で示したグラフである。

【図 6】 (A) は図 1 に示した磁気センサが備える X 軸磁気センサの等価回路図であり、(B) は同 X 軸磁気センサの X 軸方向にて変化する磁界に対する出力の変化を示したグラフである。

【図 7】 (A) は図 1 に示した磁気センサが備える Y 軸磁気センサの等価回路図であり、(B) は同 Y 軸磁気センサの Y 軸方向にて変化する磁界に対する出力の変化を示したグラフである。

【図 8】 (A) は図 1 に示した磁気センサが備える別の X 軸磁気センサの等価回路図であり、(B) は同 X 軸磁気センサの X 軸方向にて変化する磁界に対する出力の変化を示したグラフである。

【図 9】 (A) は図 1 に示した磁気センサが備える別の Y 軸磁気センサの等価回路図であり、(B) は同 Y 軸磁気センサの Y 軸方向にて変化する磁界に対する出力の変化を示したグラフである。

【図 10】 図 1 に示した磁気センサを製造する途中のスピンバルブ膜が形成された石英ガラスの平面図である。

【図 11】 図 1 に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイを準備するための金属プレート、及び同金属プレートに挿入された永久棒磁石を示した平面図である。

【図 12】 図 1 に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイの断面図である。

【図 13】 図 12 に示したマグネットアレイの磁石の一部を取り出した斜視図である。

【図 14】 図 1 に示した磁気センサを製造する工程の一つを示した図である。

【図 15】 図 1 に示した磁気センサの各 GMR 素子のバイアス磁石膜を着磁する方法を示した概念図である。

【図 16】 図 1 に示した磁気センサの各 GMR 素子のピンド層の磁化の向きをピンする方法を示した概念図である。

【図 17】 GMR 素子のフリー層とバイアス磁石膜の磁化の様子を示した平面図であり、(A) はバイアス磁石膜の着磁前の状態、(B) はバイアス磁石膜の着磁後の状態、(C) は外部磁界が加わった状態、(D) は外部磁界が消滅した後の状態を示した図である。

【図 18】 (A) はバイアス磁石膜の着磁前の状態における GMR 素子の外部磁界に対する抵抗値の変化を示したグラフ、(B) はバイアス磁石膜の着磁後の状態における GMR 素子の外部磁界に対する抵抗値の変化を示したグラフである。

【図 19】 GMR 素子のフリー層とバイアス磁石膜の磁化の様子を示した平面図であり、(A) はバイアス磁石膜の着磁後で外部磁界が加わっていない状態、(B) は強い外部磁界が加わった状態、(C) は強い外部磁界が消滅した後の状態を示した図である。

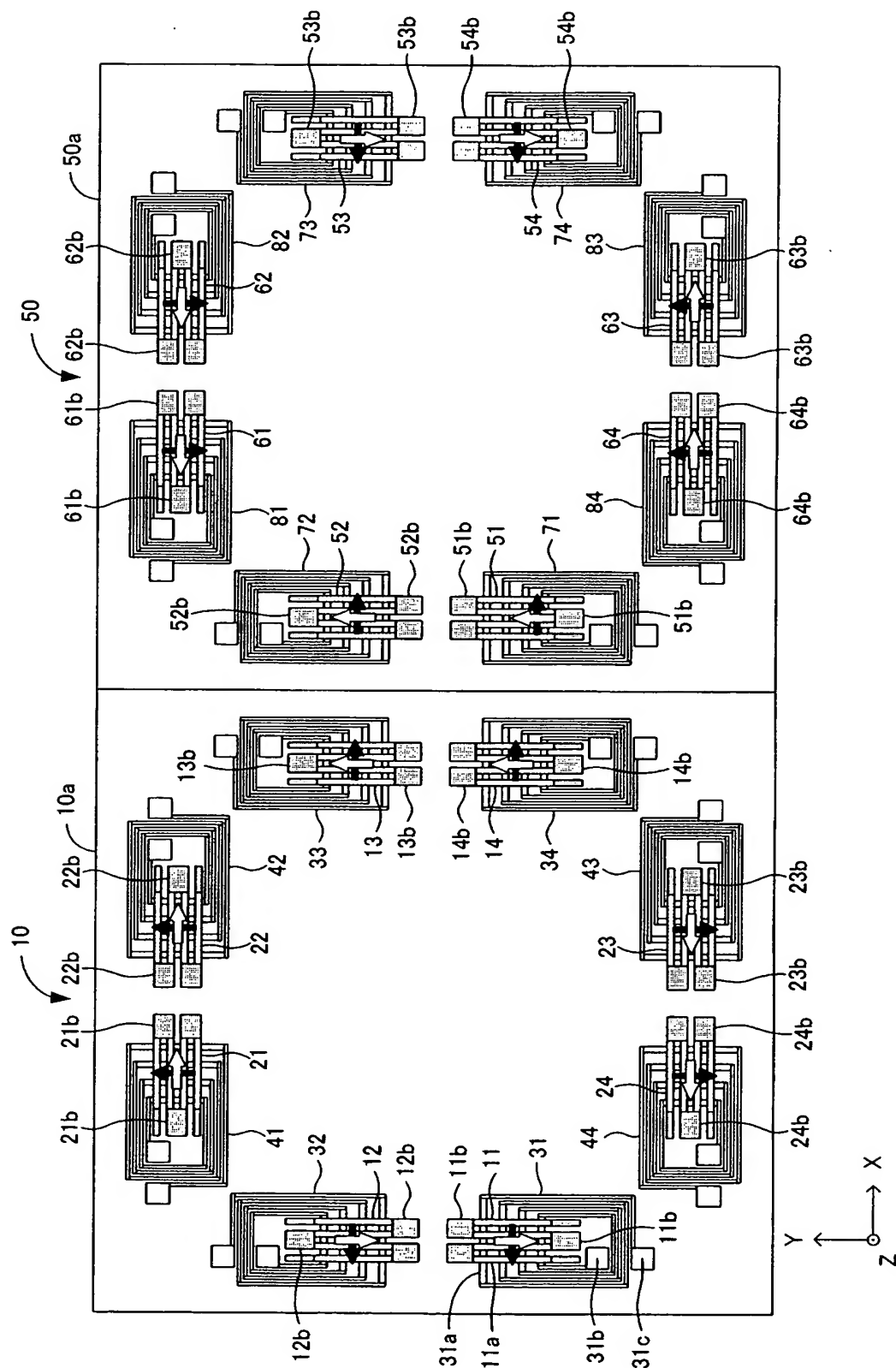
【図 20】 本発明による磁気センサの他の実施形態における第 1 X 軸 GMR 素子の概略拡大平面図である。

【符号の説明】

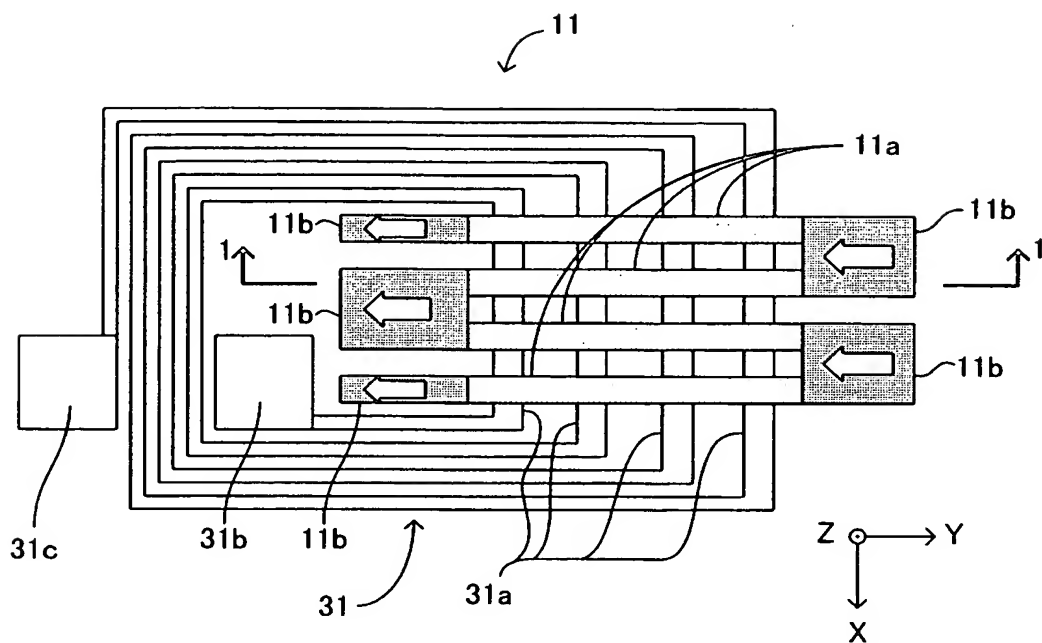
10, 50…磁気センサ、11～14, 21～24, 51～54, 61～64
…GMR素子、11a～14a, 21a～24a, 51a～54a, 61a～64a…幅狭帯状部、11b～14b, 21b～24b, 51b～54b, 61b～64b…バイアス磁石膜、31～34, 41～44, 71～74, 81～84…初期化用コイル、MA…マグネットアレイ。

【書類名】 図面

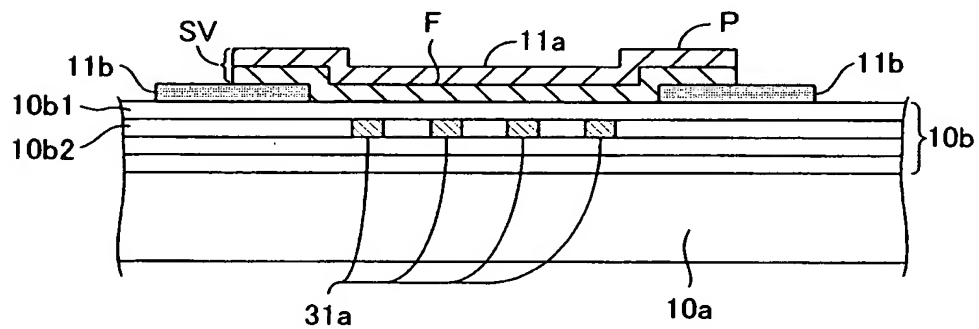
【図 1】



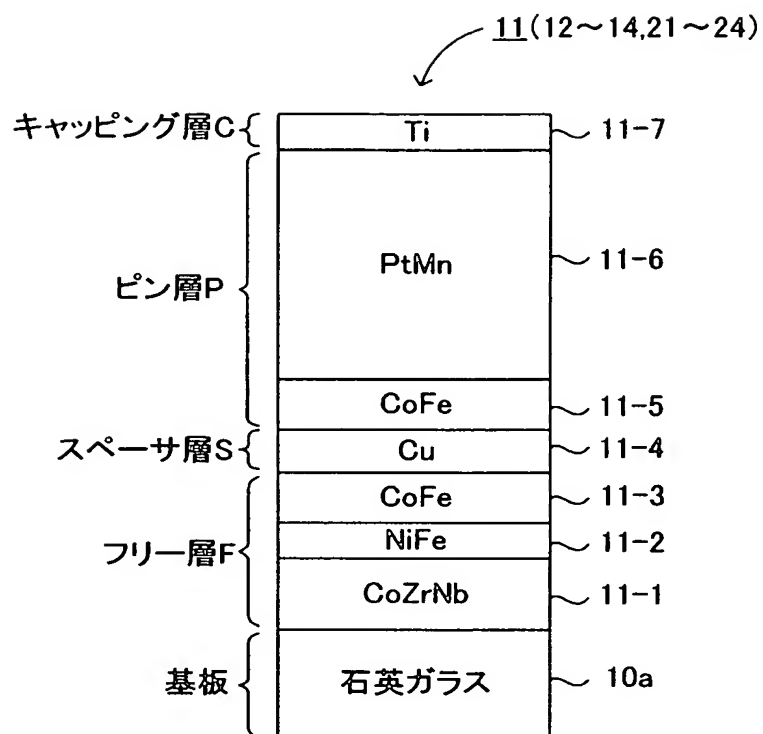
【図 2】



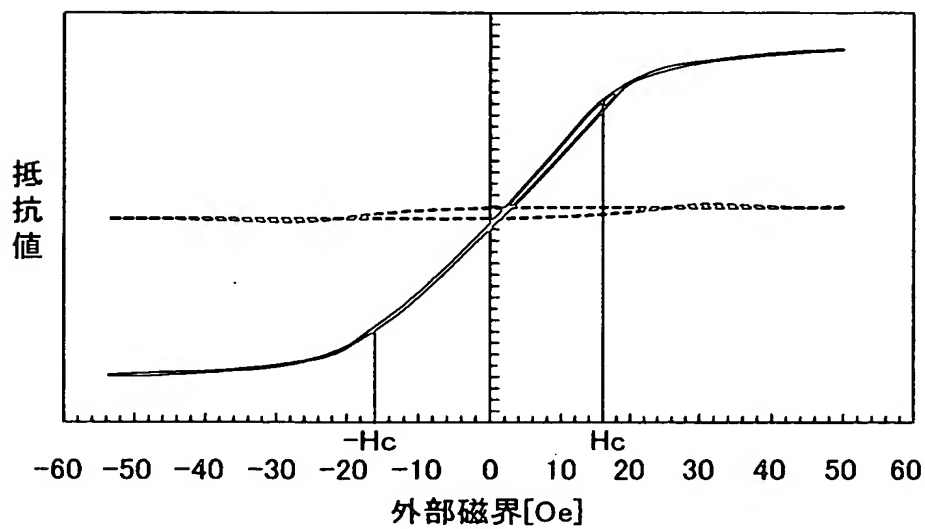
【図 3】



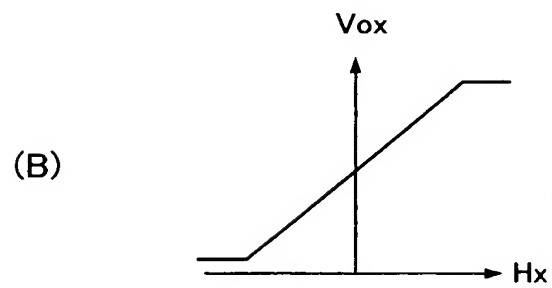
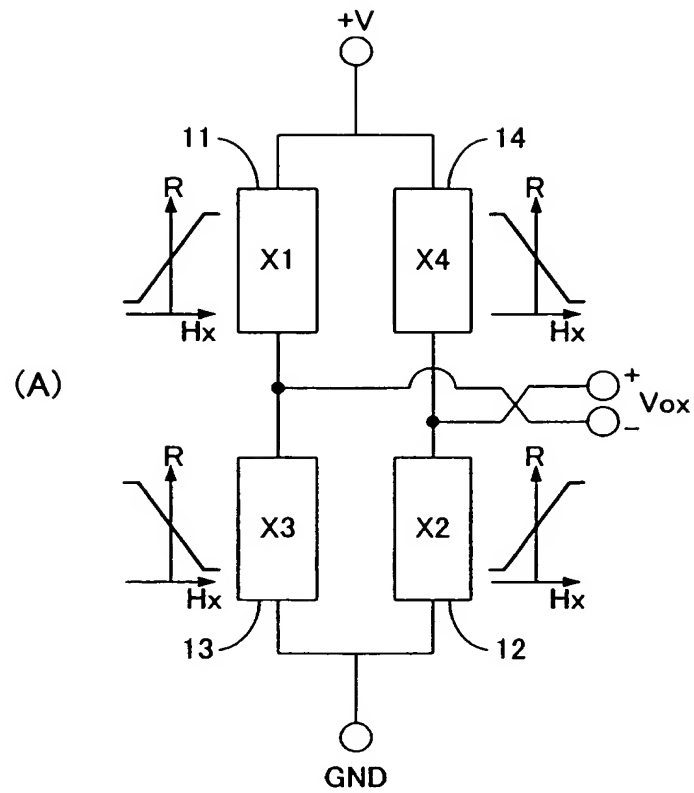
【図 4】



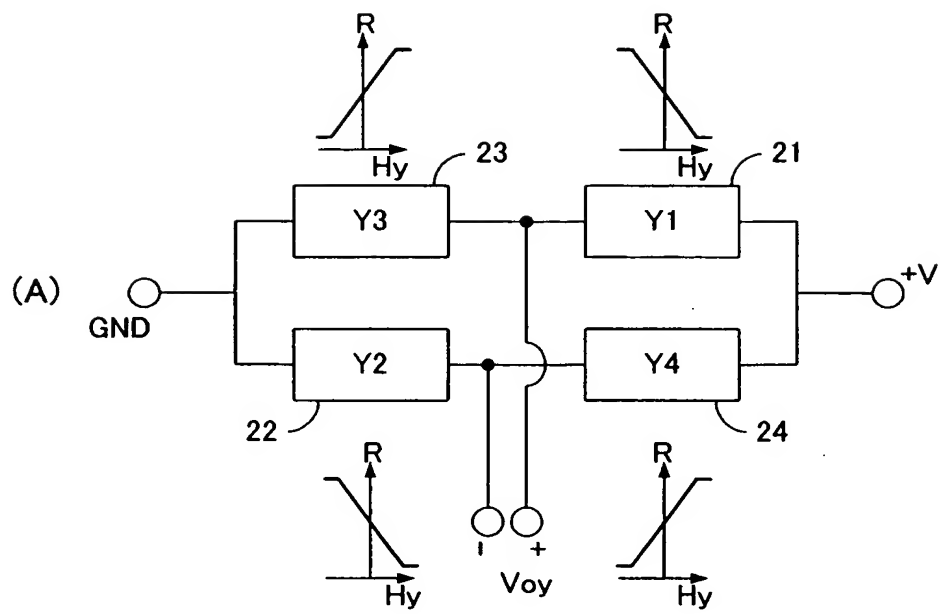
【図 5】



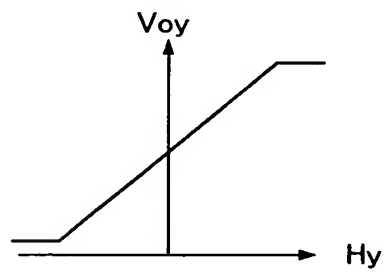
【図 6】



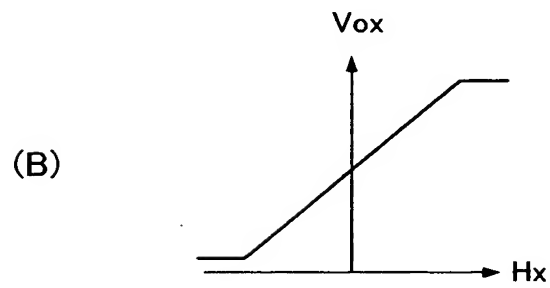
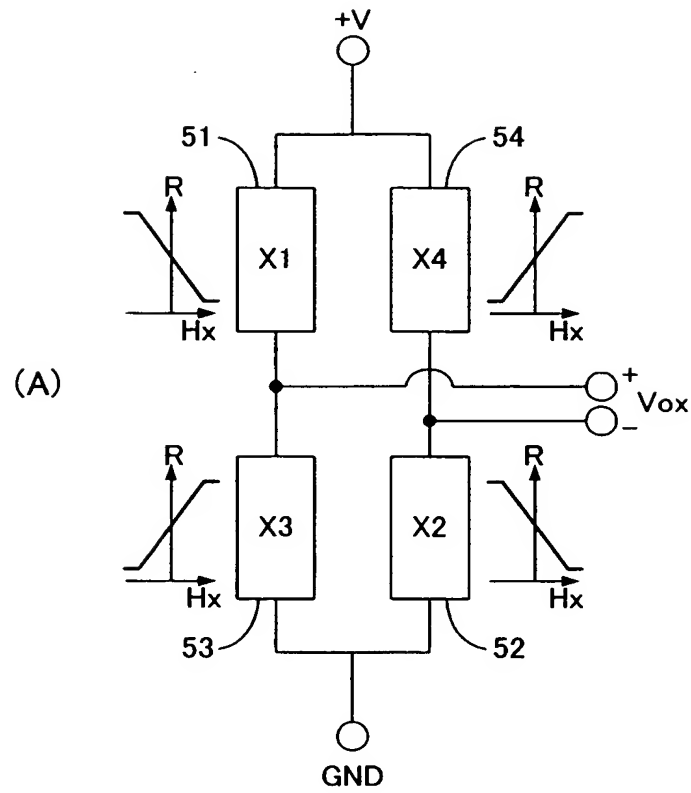
【図 7】



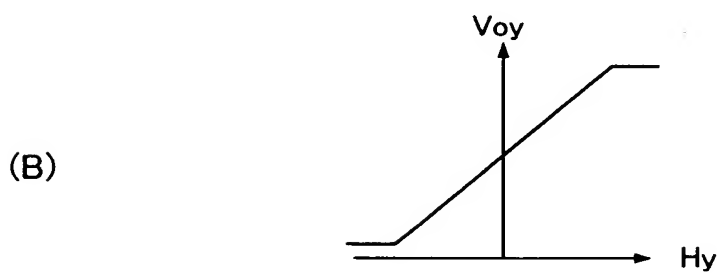
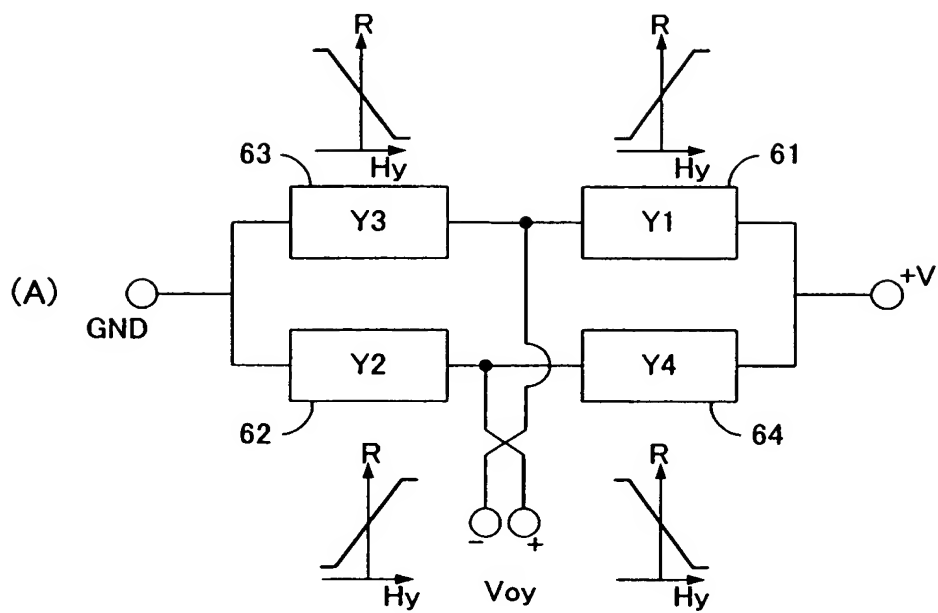
(B)



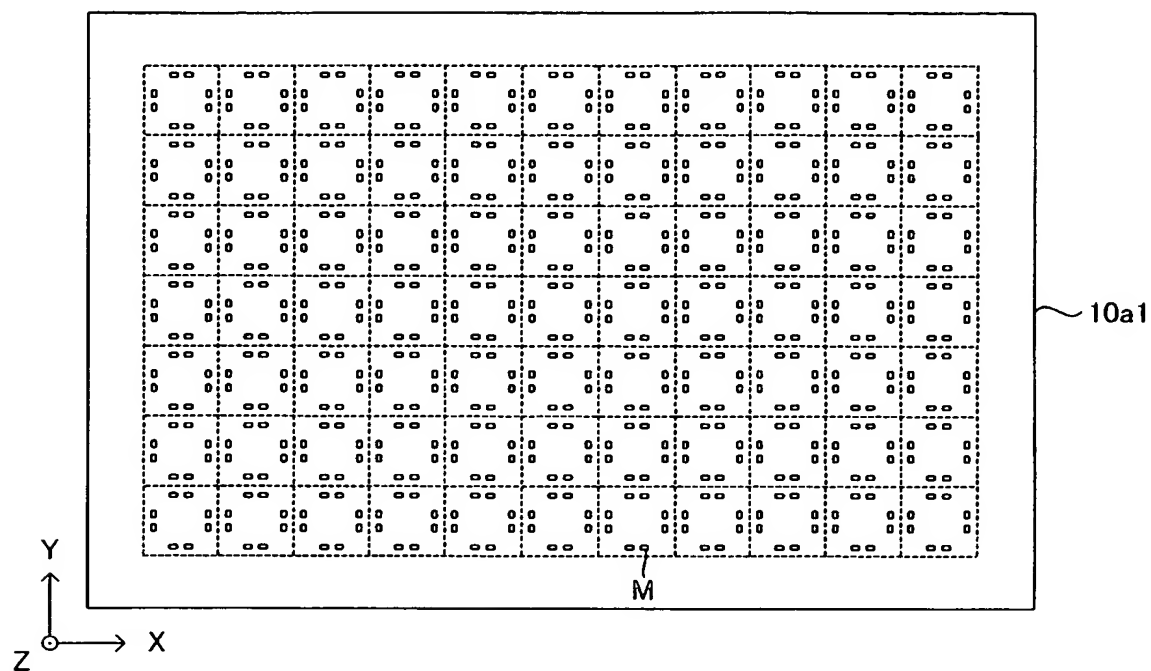
【図 8】



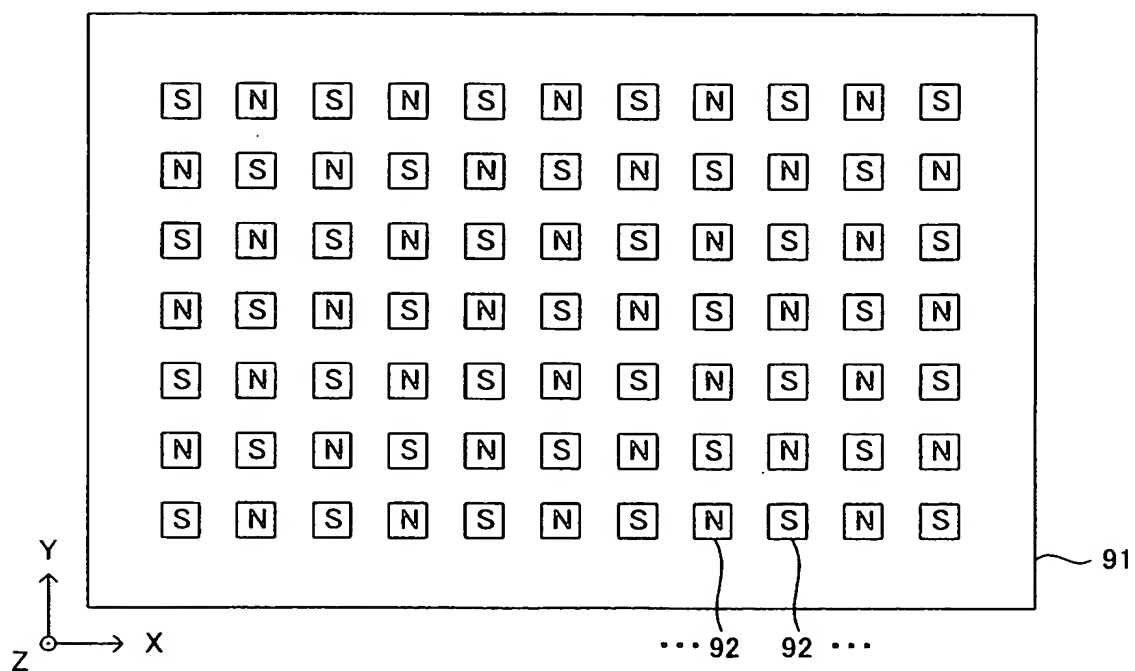
【図 9】



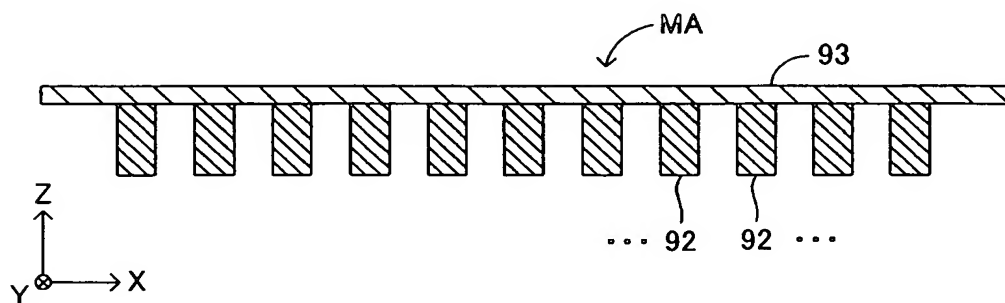
【図 10】



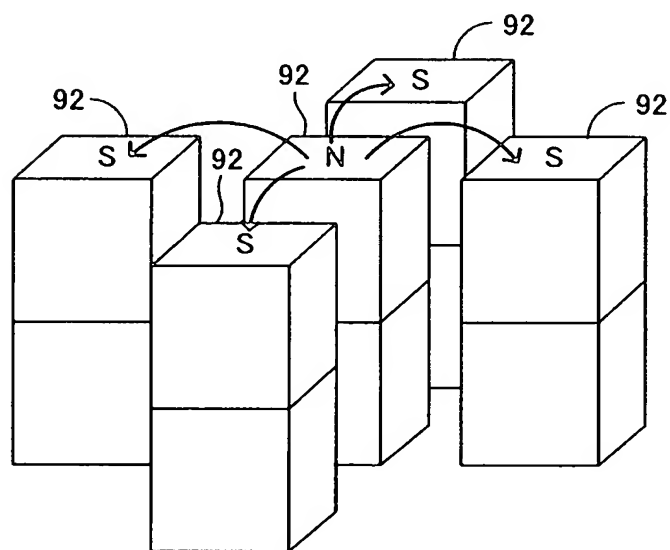
【図 11】



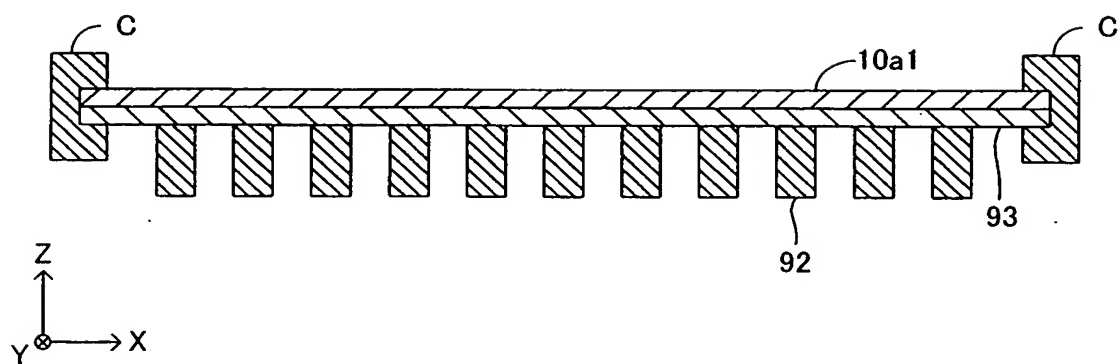
【図 12】



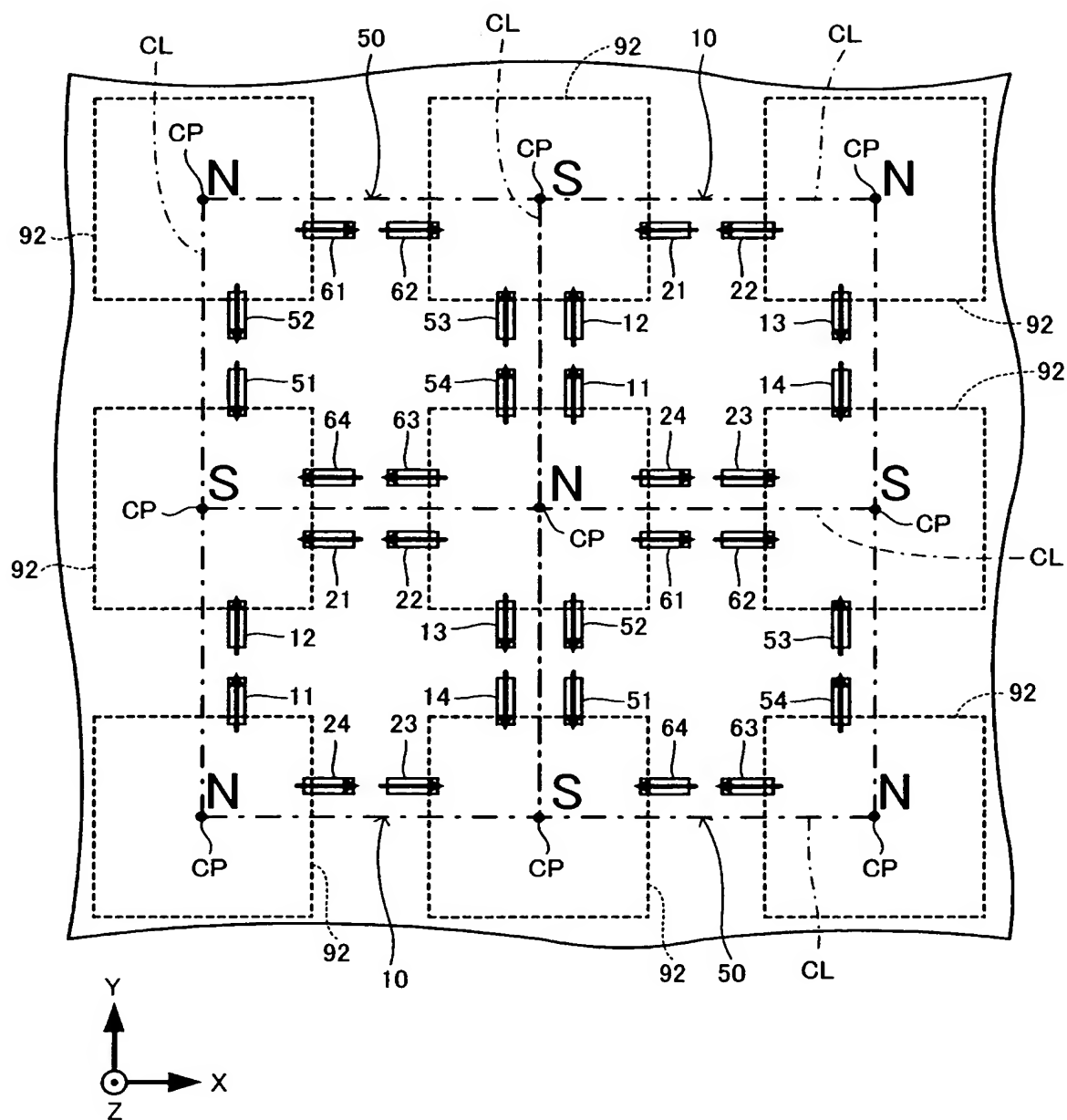
【図 13】



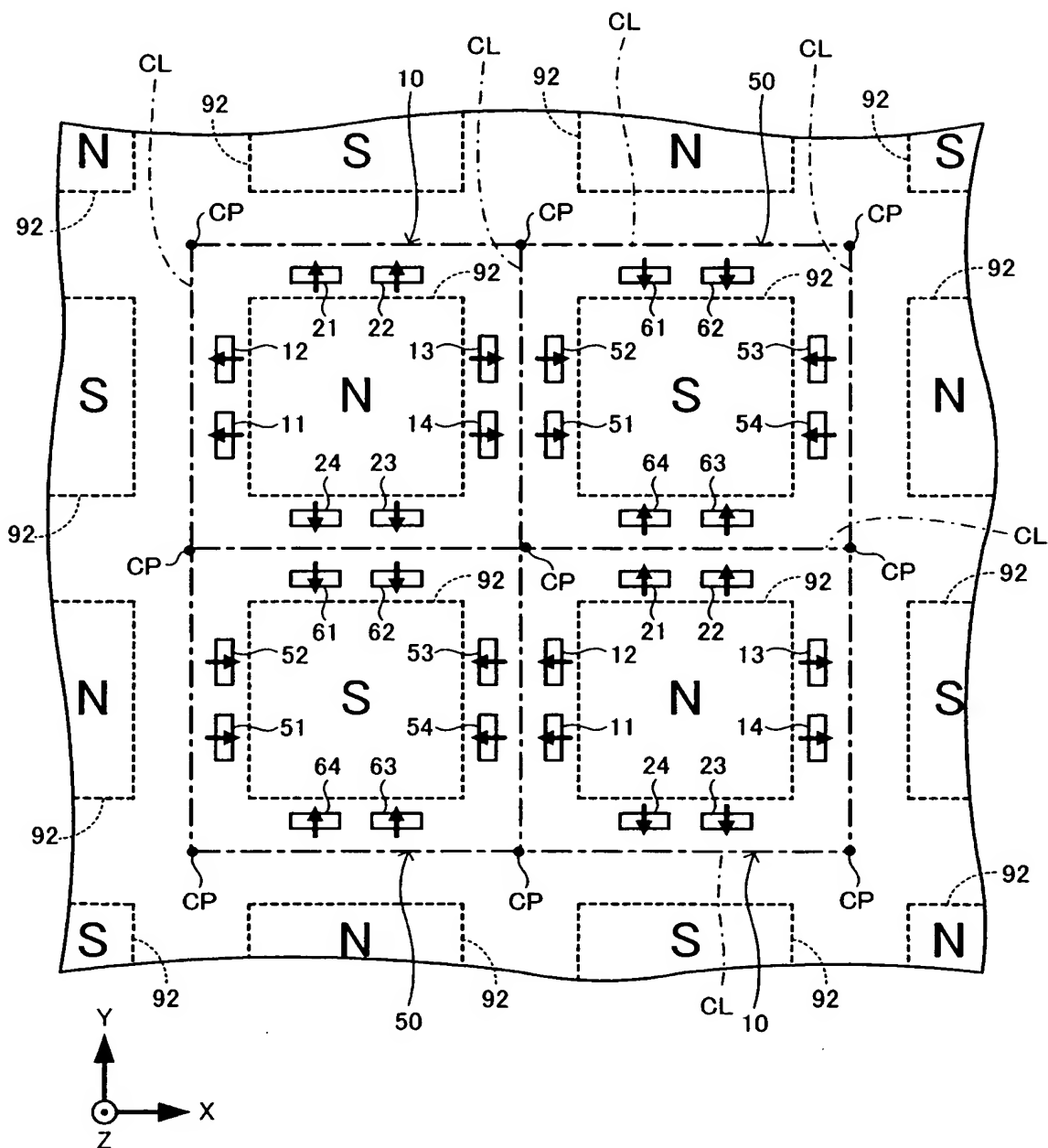
【図 14】



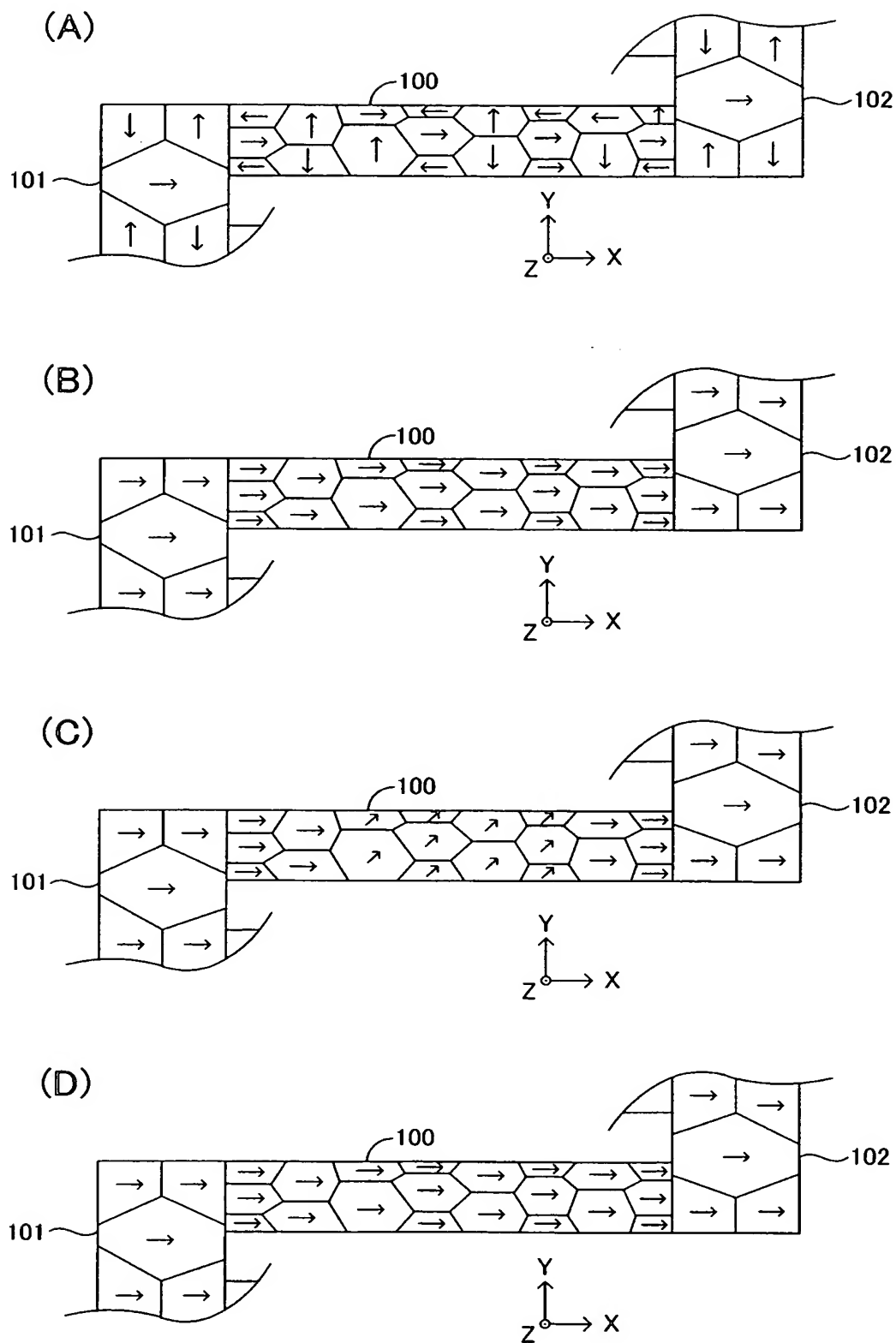
【図 15】



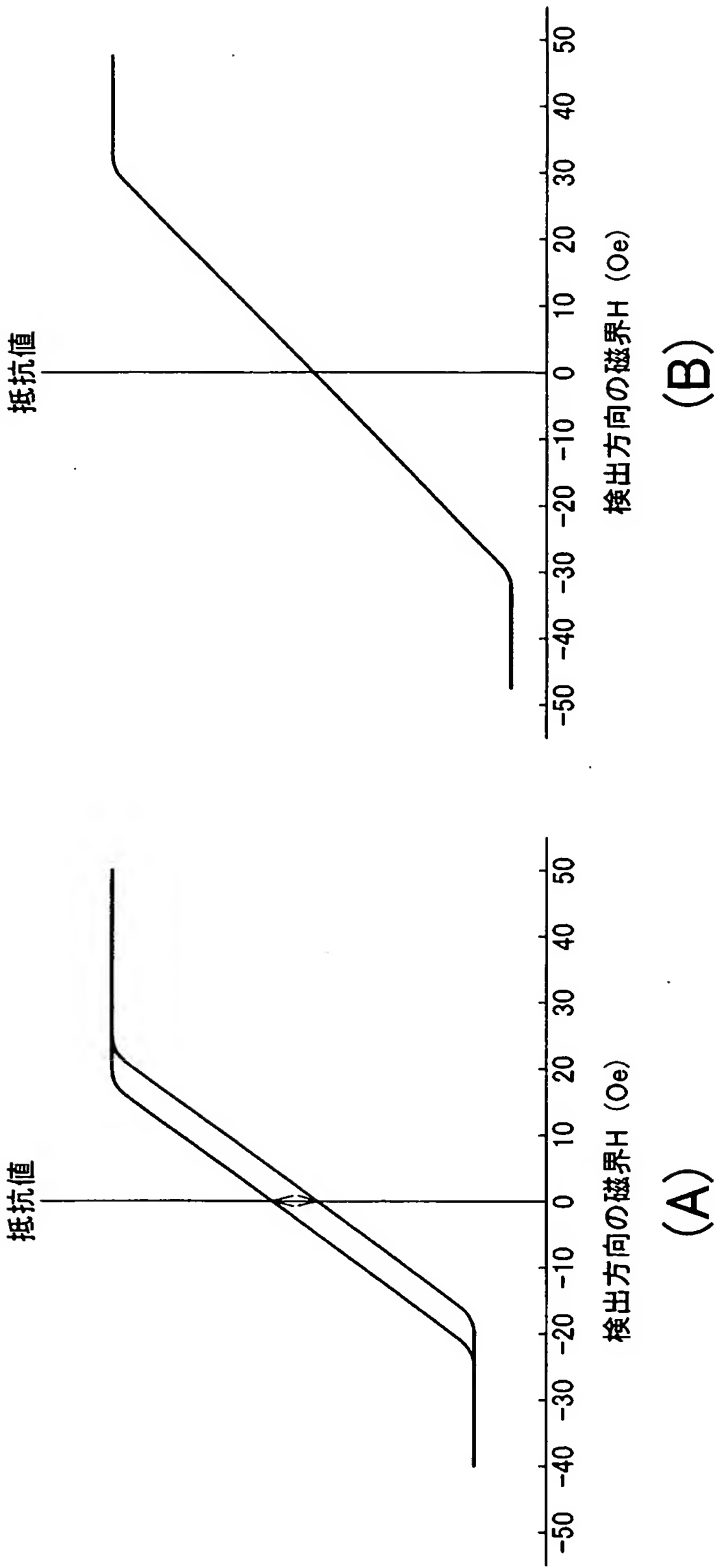
【図 16】



【図 17】

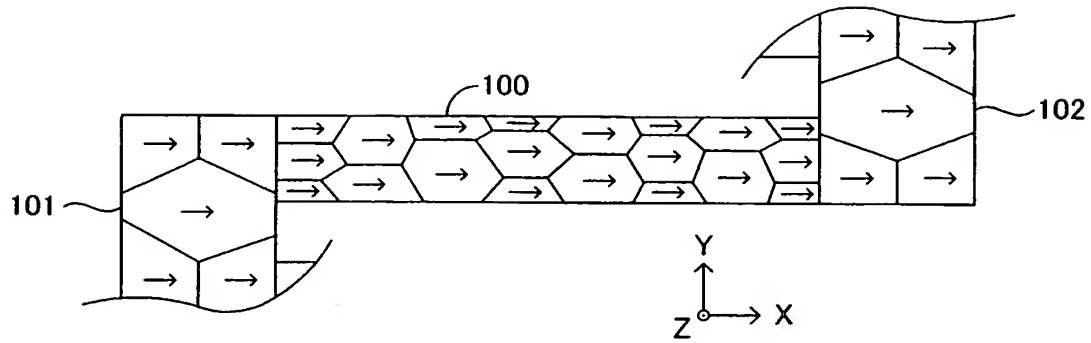


【図 18】

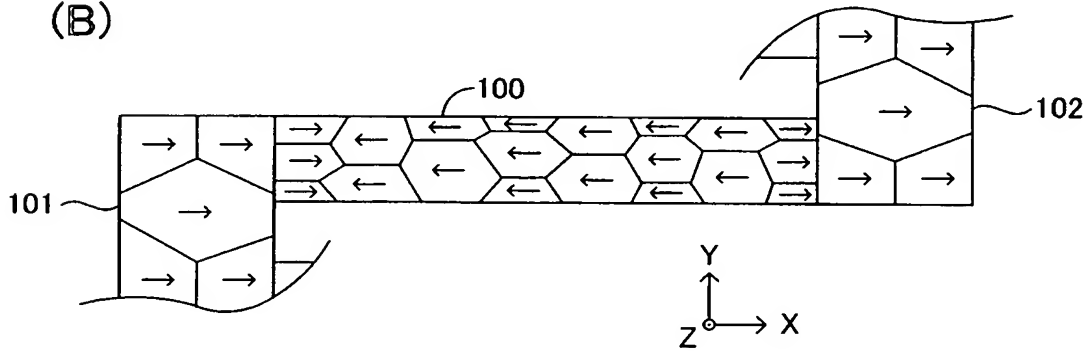


【図 19】

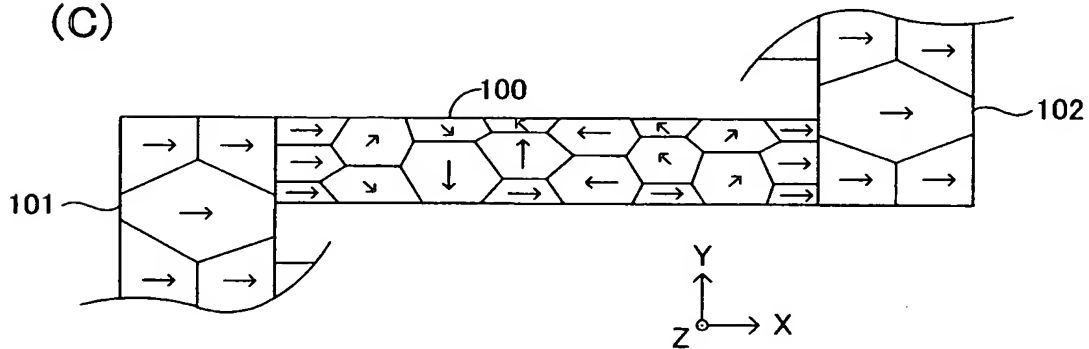
(A)



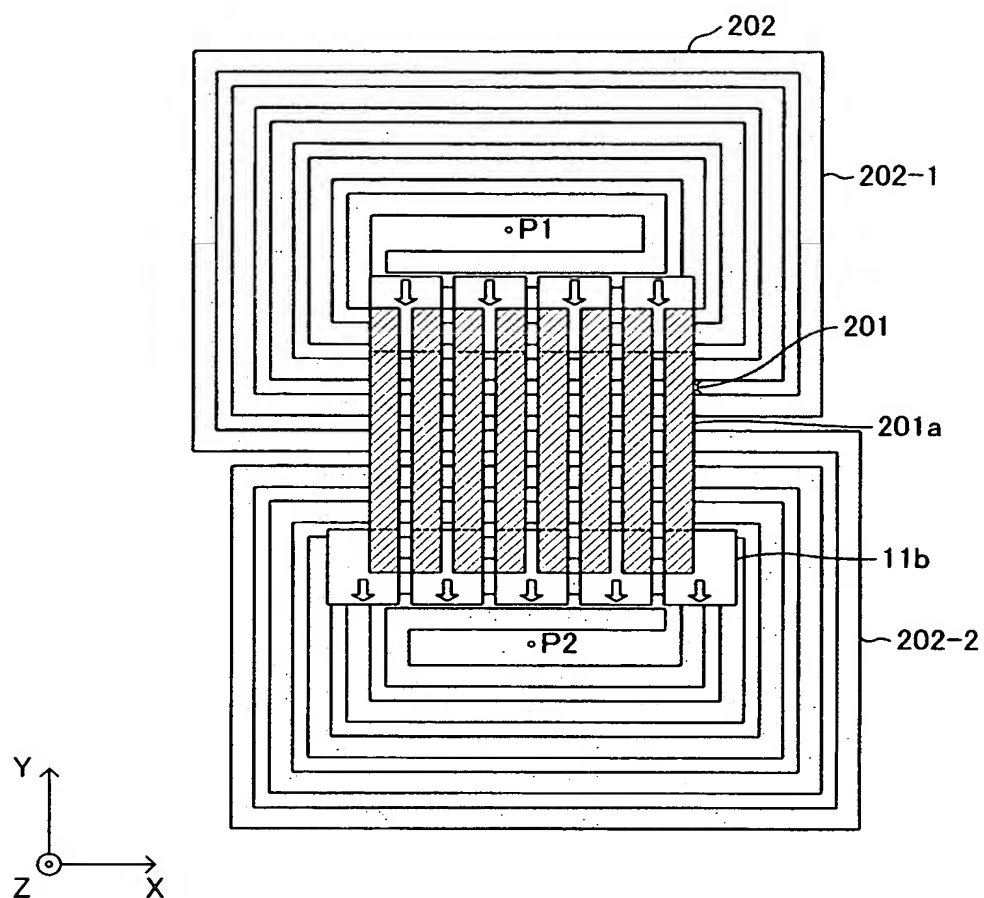
(B)



(C)



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フリー層の磁区の磁化の向きを安定して維持し得る磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサを提供すること。

【解決手段】 この磁気センサは、ピンド層とフリー層とを含む幅狭带状部 1 1 a … 1 1 a を備えた磁気抵抗効果素子を含んでいる。フリー層の両端部下方には、同フリー層に所定の向きのバイアス磁界を発生させる永久磁石からなるバイアス磁石膜 1 1 b … 1 1 b と、前記フリー層に近接して設けられ所定条件下での通電により前記バイアス磁界と同一の向きの磁界を同フリー層に加える初期化用コイル 3 1 とが形成されている。また、バイアス磁石膜の着磁とピンド層の磁化の向きの固定は、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成されたマグネットアレイによって形成される磁界によりなされる。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-308376
受付番号	50201596365
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成 14 年 10 月 24 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年10月23日
【特許出願人】	
【識別番号】	000004075
【住所又は居所】	静岡県浜松市中沢町 10 番 1 号
【氏名又は名称】	ヤマハ株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100088971
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤 3 丁目 1 番 18 号 名 古屋 K S ビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	大庭 咲夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115185
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤 3 丁目 1 番 18 号 名 古屋 K S ビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	加藤 慎治

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 0 8 3 7 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 0 7 5]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号

氏 名

ヤマハ株式会社